

Strömungsmaschine und Verfahren zur Anpassung von Stator und  
Rotor einer Strömungsmaschine

Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 4.

Bekannt ist, dass Strömungsmaschinen sowohl an den Laufschaufeln ihres Rotors als auch an der Wandung ihres Stators Beschichtungen aufweisen, die abreibbar und relativ komplex aufgebaut sind. Diese Beschichtungen werden zur Anpassung von Rotor und Stator und zur Reduktion der Spaltgröße zwischen den Laufschaufeln des Rotors und der Wandung des Stators aufgebracht.

Aus der Druckschrift EP 1 312 760 A2 ist eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine mit einem Rotor und einem Stator, bekannt. Die Wandung des Stators ist mit einem Einlaufbelag beschichtet. Zusätzlich weisen die Laufschaufeln des Rotors einen Anstreifbelag auf, in dem willkürlich abrasive  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - oder SiC-Partikel derart eingebettet sind, dass während der Rotation der Laufschaufelspitzen diese den Einlaufbelag ungleichmäßig abrasiv abtragen. Durch das abrasive Abtragen des Einlaufbelags brechen die willkürlich im Anstreifbelag eingebrachten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - oder SiC-Partikeln ab. Dies

führt zu einer Erhöhung der Spaltgröße zwischen Stator und Laufschaufelspitzen des Rotors, so dass der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine, der in hohem Maße von dieser Spaltgröße abhängig ist, mit zunehmender Laufzeit geringer wird und deshalb die Anstreifbeläge einer häufigen Erneuerung bedürfen. Zur Erneuerung des Anstreifbelages muss der Rotor aus dem Stator aufwendig demontiert werden.

Ähnliche Ausgestaltungen sind den Druckschriften DE 19653217 A1 und US 5,185,217 zu entnehmen.

Der vorliegenden Erfindung liegt ausgehend von diesem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Strömungsmaschine anzugeben sowie ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine bereitzustellen, bei welchen die Spaltgröße zwischen Stator und Rotor minimiert wird.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 in Bezug auf die zu schaffende Strömungsmaschine und des Patentanspruchs 4 in Bezug auf das zu schaffende Verfahren gelöst.

Die erfindungsgemäße Lösung ist gegeben durch eine Strömungsmaschine, aufweisend:

- einen Stator, innenbeschichtet mit einem Einlaufbelag,
- einen Rotor innerhalb des Stators, wobei die Strömungsmaschine zusätzlich aufweist:
  - eine Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors um die Symmetrieachse des Stators.

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine durch Verringerung der Spaltgröße zwischen Stator und Rotor erhöht wird.

Ferner gewährleistet die erfindungsgemäße Strömungsmaschine ein nahezu gleichmäßiges Abtragen des Einlaufbelages durch die Laufschaufeln des Rotors. Dies hat den Vorteil, dass die Laufschaufeln des Rotors geringere Momente auf den Stator übertragen. Ein reduziertes Verbiegen und Stauchen des Rotors ist die Folge. Insgesamt sind somit die auftretenden dynamischen Deformationen, die auf die Laufschaufeln des Rotors wirken, erkennbar reduziert.

Die Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors kann beispielsweise aus einem modifizierten handelsüblichen Gleitlager hergestellt werden. Derartige Gleitlager weisen einen Läufer auf, der in einem mit einer Lagerschicht innen-beschichteten Gehäuse rotiert. Zwischen Lagerschicht und Läufer befindet sich ein Spalt, die sog. Lagerluft, die üblicherweise mit Flüssigkeit, meist Öl, gefüllt ist. Die Spaltbreite variiert je nach Einsatzzweck des Gleitlagers zwischen 50 und 500  $\mu\text{m}$ , meist zwischen 100 und 300  $\mu\text{m}$ . Wird die Flüssigkeit ganz oder teilweise entfernt, so wird der Läufer und mit ihm seine Rotationsachse infolge der Zentripetalkraft parallel zur Symmetrieachse des Gehäuses versetzt. Dabei erhöht sich das Ausmaß der Versetzung mit der Menge entnommener Flüssigkeit.

Für die erfindungsgemäße Strömungsmaschine muss lediglich ein Rotor axialsymmetrisch auf dem Läufer befestigt werden und das modifizierte Gleitlager axialsymmetrisch zu einem Stator positioniert werden. Danach wird der Läufer, respektive Rotor, in Rotation versetzt und trägt einen Teil des Einlaufbelags ab. Abschließend kann der Rotor durch Wiederbefüllen der Lagerluft des Gleitlagers wieder zentriert werden.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine besteht darin, dass im Vergleich zu herkömmlichen Strömungs-

maschinen ein Anstreifbelag an den Laufschaufelspitzen des Rotors einsparbar ist. Damit entfällt aufgrund der freien Rotation des Rotors in eine auf Übermaß mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators, das Aufbringen des Anstreifbelages auf den Laufschaufelspitzen und eine Endbearbeitung dieses Anstreifbelages.

Neben der Einsparung von Arbeitsschritten besitzt die erfindungsgemäße Einrichtung der Strömungsmaschine ein hinsichtlich Fertigungstoleranzen robusteres Design, da eine Klassierung von Komponenten bezüglich der Passungslage in reduziertem Umfang erforderlich ist. Die parallele Versetzung der Rotationsachse des Rotors zur Symmetrieachse des Stators führt dazu, dass die möglicherweise auftretenden Fertigungstoleranzen, insbesondere der Innendurchmesser des Stators und/oder der Einlaufbelag auf der Wandung des Stators, kompensiert werden können.

Vorzugsweise versetzt die Einrichtung derart die Rotationsachse des Rotors, dass der Rotor konzentrisch in die mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators einbringbar ist.

Dabei verläuft beispielsweise die Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators parallel versetzt zur Symmetrieachse der Statorbohrung im Statorgehäuse. Somit findet lediglich ein Abtragen des für die freie Rotation des Rotors im Stator benötigten Bauraums von den Laufschaufeln des Rotors derart statt, dass die gebildete Spaltgröße zwischen den Laufschaufelspitzen und dem Stator minimal bleibt. Dies ermöglicht ein wirtschaftliches Arbeiten der Strömungsmaschine.

Besonders vorteilhaft ist es hierbei, dass mittels der erfindungsgemäßen Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rota-

tion sowohl Strömungsmaschinenkomponenten mit größeren Fertigungstoleranzen als auch sehr präzise angefertigte Komponenten, insbesondere die Lager des Statorgehäuses und das Statorgehäuse an sich, ohne dass hierbei der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine signifikant negativ beeinflusst wird, miteinander gepaart werden können.

Alternativ dazu kann die Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation den Rotor innerhalb des auf Übermaß innenbeschichteten Stators derart versetzen, dass die Rotationsachse des Rotors parallel versetzt zu der Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators, die parallel versetzt zu der Symmetrieachse des Stators verläuft, angeordnet ist. Diese Ausführungsform erlaubt das umlaufende Abtragen des für die freie Rotation des Rotors im Stator benötigten Bauraums, wodurch der Versatz zwischen der Symmetrieachse des Stators und der Symmetrieachse der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators ausgleichbar ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine enthalten die Laufschaufeln des Rotors eine Aluminiumbasislegierung oder Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierung und der Stator eine Aluminiumbasislegierung oder Stahlguß.

In Strömungsmaschinen, insbesondere in Triebwerken und in Verdichtern sowie in Abgasturboladern sind die Schaufeln hohen komplexen thermisch-mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Zusätzlich fördern hohe Temperaturen und aggressive Umgebungsmedien Oxidations- und Korrosionsvorgänge an den Schaufeln und dem Statorgehäuse der Strömungsmaschine. Deshalb werden in diesem Zusammenhang hochtemperaturfeste und kriechbeständige Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierungen für die Schaufeln vorzugsweise eines Turbinen-

rades in Strömungsmaschinen eingesetzt. Aufgrund der geringeren thermisch-mechanischen Beanspruchungen können die Schaufeln für Verdichter aus Aluminiumbasis- oder Eisenbasislegierungen bestehen. Weiterhin ist es denkbar, dass die Turbinen- und/oder Verdichterschaufeln aus Kompositwerkstoffen auf metallischer Basis ausgestaltet sind. Für das Statorgehäuse wird vorzugsweise im Bereich der Turbine aufgrund der hohen thermischen Beanspruchungen Stahlguss eingesetzt. Durch das Ansaugen und Verdichten der kalten Verbrennungsluft ist für das Verdichtergehäuse aufgrund der thermischen Beanspruchung eine Aluminiumbasislegierung einsetzbar.

In einer weiteren Ausgestaltung der Strömungsmaschine enthält der Einlaufbelag auf der Wandung des Stators AlSi12 oder NiCrAl.

Dieser Einlaufbelag hat den Vorteil, dass er eine Schnittfläche mit im Wesentlichen kleinen Riefen (Grooving) nach dem Anstreifvorgang aufweist und eine minimale Spaltgröße zwischen rotierenden Schaufelspitzen und starrer Wandung des Stators der Strömungsmaschine gewährleistet. Die Beschichtung der Wandung des Stators auf der Verdichterseite mit dem Einlaufbelag aus AlSi12 und einem Füllstoff hat den Vorteil, dass der Beschichtungswerkstoff ein an den Grundwerkstoff des Statorgehäuses angepasstes Wärmeausdehnungsverhalten aufweist. Der Füllstoff, der in der AlSi12-Schicht enthalten ist, brennt bei erhöhten Temperaturen aus, wodurch die Porosität des Einlaufbelags erhöht wird. Dabei ist der Einlaufbelag aus AlSi12 dehnungstolerant und verfügt über eine gute Haftung auf dem Grundwerkstoff des Statorgehäuses.

Durch die Hochtemperaturbeständigkeit des Einlaufbelags aus NiCrAl kann dieser sowohl als Beschichtungswerkstoff für Komponenten der hochtemperaturbeanspruchten Turbine als auch in

der thermisch geringer beanspruchten Verdichterseite eingesetzt werden. Der NiCrAl-Einlaufbelag enthält entsprechend dem Einlaufbelag der Verdichterseite einen Füllstoff. Der Einlaufbelag auf der Verdichter- und auf der Turbinenseite ermöglicht hohen Wirkungsgrad und verminderter Kraftstoffverbrauch.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor einer Strömungsmaschine, bei der auf der Wandung des Stators ein Einlaufbelag aufgebracht wird und dieser Einlaufbelag durch den Rotor zumindest teilweise abgetragen wird, wobei der Rotor um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Symmetrieachse des Stators rotiert.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich Fertigungstoleranzen wie z.B. das Mass, die Form und die Lage der Wandung des Stators und/oder der Innendurchmesser der mit Einlaufbelag beschichteten Wandung des Stators weniger kritisch auf die Spaltgröße zwischen Laufschaufelspitzen und Statorgehäuse auswirken. Dies erlaubt eine einfache Anpassung von Stator und Rotor der Strömungsmaschine unabhängig davon, ob die Symmetrieachse des Rotors mit der des Stators übereinstimmt oder aber parallel zu dieser versetzt verläuft. Dadurch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine optimale Ausrichtung des rotierenden Rotors auf die mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators.

Darüber hinaus ermöglicht das Verfahren zur Anpassung von Stator und Rotor eine Minimierung der Schaufelmasse dadurch, dass der Anstreifbelag auf den Schaufelspitzen nicht vonnöten ist. Eine reduzierte Masse der Schaufeln vermindert das Trägheitsmoment des Rotors, so dass das dynamische Ansprechverhalten des Rotors bei variabler Last verbessert und insgesamt

die dynamischen Massenkkräfte, die während des Betriebs auf die Schaufeln einwirken, reduziert werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Rotor rotierend in den Stator eingebracht.

Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass der um die Rotationsachse rotierende Rotor den Einlaufbelag gleichmäßig auf der rotationssymmetrischen Fläche der Wandung derart abträgt, dass nur der erforderliche Bauraum von dem rotierenden Rotor freigeräumt wird und die Toleranzen innerhalb der Strömungsmaschine ausgeglichen werden. Durch das Abtragen des Einlaufbelags der Wandung über den gesamten Umfang stellt sich eine minimale Spaltgröße zwischen Schaufelspitzen und Stator ein. Mit der Anpassung von Stator und Rotor erscheint die Oberfläche des abrasiv veränderten Einlaufbelags leicht riefig, so dass eine Profilierung des Einlaufbelags erreicht werden kann, ohne aufwendige Präparation und Feinbearbeitung der Beschichtungsoberfläche des Einlaufbelages nach dem Beschichtungsprozess, ohne aufwendige Nachbearbeitung der Schaufelspitzen des Rotors und ohne aufwendige Paarung der ineinanderlaufenden Komponenten der Strömungsmaschine vorzunehmen. Durch die Reduzierung der Fertigungstiefe erweist sich die Herstellung bzw. Fertigung dieser Strömungsmaschine als sehr effizient und wirtschaftlich.

Ferner kann der Rotor reversierend in den Stator eingebracht werden. Dabei bedeutet reversierend, dass der Rotor zunächst über eine Weglänge von 1 bis 2 mm rotierend in den Stator eingefahren wird und dabei Material des Einlaufbelags abträgt, dann rotierend circa 1 bis 2 mm zurückgefahren wird, wodurch das von dem Einlaufbelag abgetragene und häufig zumindest noch teilweise an den Schaufelspitzen des Rotors an-



haftende Material sich leichter ablösen kann. Danach wird der Rotor erneut über die Weglänge von 1 bis 2 mm zuzüglich weiterer 1 bis 2 mm rotierend in den Stator eingefahren und danach erneut ausgefahren. Dieser Wechsel zwischen Ein und Ausfahren wird solange wiederholt, bis der Rotor den Einlaufbelag auf die gewünschte Dicke in der gewünschten Tiefe des Stators abgetragen hat.

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass zum einen die Laufschaufeln eine in axialer Richtung reduzierte Beanspruchung erfahren und zum anderen die Spaltgröße aufgrund der geringeren Laufschaufelbeanspruchungen und der damit reduzierten Laufschaufeldeformationen minimiert werden. Zusätzlich wird auf dem Einlaufbelag eine Riefenausbildung reduziert.

Nachfolgend werden die erfindungsgemäßen Gegenstände anhand von Ausführungsbeispielen und der Figur näher erläutert. Hierbei gehen aus der Figur und ihrer Beschreibung weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Strömungsmaschine, wobei der Stator mit einem Einlaufbelag innenbeschichtet ist.

In Figur 1 ist nicht maßstabsgerecht eine beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine 1 insbesondere die Verdichterseite eines Abgasturboladers mit einem Stator 2 und einem Rotor 4 dargestellt. In dieser Ausführungsform weist der Stator 2 eine Wandung 3 auf, die mit einem Einlaufbelag 6 innenbeschichtet ist. Innerhalb des Stators 2 ist der Rotor 4 als Verdichterrad mit Laufschaufeln 5 eingebracht. Um eine minimale Spaltgröße 7 zwischen dem Stator 2, innenbeschichtet mit dem Einlaufbelag 6 und den Laufschaufeln 5 des Rotors 4 zu erzeugen, wird der in Rotations-

richtung 9 um seine Rotationsachse 10 rotierende Rotor 4 in Bewegungsrichtung 8 in den Stator 2 eingeführt. Die Positionierung des Rotors 4 in den Stator 2 erfolgt mittels einer hier nicht näher dargestellten Einrichtung zur parallelen Versetzung in die Versetzungsrichtung 11 und Rotation des Rotors 4 um die Symmetrieachse des Stators 2.

Die Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation der Rotationsachse des Rotors 4 besteht aus einem modifizierten handelsüblichen Gleitlager. Das Gleitlager weist einen Läufer auf, der in einem mit einer Lagerschicht innen beschichteten Gehäuse rotiert. Zwischen Lagerschicht und Läufer befindet sich ein 200 µm breiter ringförmiger Spalt, die sog. Lagerluft, die mit Öl gefüllt ist. Das Öl wird bis auf eine an der Lagerschicht anhaftende Minimalmenge entfernt, und dadurch wird der Läufer und mit ihm seine Rotationsachse infolge der bei seiner Rotation auftretenden Zentripetalkraft parallel zur Symmetrieachse des Gehäuses versetzt. Dabei entspricht das Ausmaß der Versetzung der Menge entnommenen Öls.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird der Rotor 4 axialsymmetrisch auf dem Läufer befestigt und das modifizierte Gleitlager axialsymmetrisch zu dem Stator 2 positioniert. Danach wird der Läufer, respektive Rotor, in Rotation versetzt und trägt einen Teil des Einlaufbelags 6 ab. Abschließend kann der Rotor 4 durch Wiederbefüllen der Lagerluft des Gleitlagers wieder zentriert werden.

Diese Positionierung des Rotors 4 in den Stator 2 unter Zuhilfenahme der beschriebenen Einrichtung ist geeignet für ausgewählte Werkstoffpaarungen an rotationssymmetrischen Flächen. Dabei bestehen sowohl die Laufschaufeln 5 des Rotors 4 auf der Verdichterseite des Abgasturboladers als auch der Stator 2 aus einer Aluminiumbasislegierung, wobei die Wandung

3 des Stators 2 mit einem Einlaufbelag 6 aus AlSi12 und Polyester als Füllstoff, beschichtet ist.

Aufgrund der hohen Temperaturen von ca. 1050°C kommen auf der heißen Turbinenseite des Abgasturboladers Hochtemperaturwerkstoffe zur Anwendung. Die turbinenseitigen Laufschaufeln des Rotors werden aus einer Ni-Basislegierung und der Stator aus Stahlguß hergestellt. Die auf der Turbinenseite mit Einlaufbelag beschichtete Wandung des Stators ist mit NiCrAl und Polyester als Füllstoff beschichtet.

Wie in Figur 1 gezeigt, wird in den mit dem Einlaufbelag 6 innenbeschichteten Stator 2 der Verdichterseite des Abgasturboladers der Rotor 4 rotierend eingebracht. Dabei wird der Einlaufbelag 6 aus AlSi12 während der Positionierung zumindest teilweise abgetragen derart, dass der Rotor 4 um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Achse des Stators 2 rotiert.

Die Erfindung ist nicht nur auf das beschriebene Beispiel von einem Abgasturbolader beschränkt, sondern kann vielmehr auf stationäre Gasturbinen und Triebwerke erweitert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass der Einlaufbelag auf der Heißgasseite NiCrAlY mit Füllstoff oder beispielsweise Keramik oder ein anderer Hochtemperaturdichtwerkstoff enthält.

Bezugszeichenliste

- 1 - Strömungsmaschine
- 2 - Stator
- 3 - Wandung
- 4 - Rotor
- 5 - Laufschaufeln des Rotors
- 6 - Einlaufbelag
- 7 - Spaltgröße
- 8 - Bewegungsrichtung des Rotors
- 9 - Rotationsrichtung des Rotors
- 10 - Rotationsachse des Rotors
- 11 - Versetzungsrichtung der Rotationsachse des Rotors

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine (1), aufweisend:
  - einen Stator (2),  
innenbeschichtet mit einem Einlaufbelag (6),
  - einen Rotor (4) innerhalb des Stators (2),  
g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h ,  
dass sie zusätzlich aufweist
  - eine Einrichtung zur parallelen Versetzung und Rotation  
der Rotationsachse des Rotors (10) um die Symmetrieachse des Stators (2).
2. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Laufschaufeln des Rotors (5) Aluminiumbasislegierung oder Eisenbasis- oder Cobaltbasis- oder Nickelbasislegierung und der Stator (2) Aluminiumbasislegierung oder Stahlguß enthalten.
3. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Einlaufbelag AlSi12 oder NiCrAl enthält.
4. Verfahren zur Anpassung von Stator (2) und Rotor (4) einer Strömungsmaschine (1), bei der auf den Stator (2) ein

Einlaufbelag (6) aufgebracht wird und dieser Einlaufbelag (6) durch den Rotor (4) zumindest teilweise abgetragen wird,

d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Rotor (4) um eine Rotationsachse gedreht wird, die parallel versetzt um die Symmetrieachse des Stators (2) rotiert.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Rotor (4) rotierend in den Stator (2) eingebracht wird.

1/1

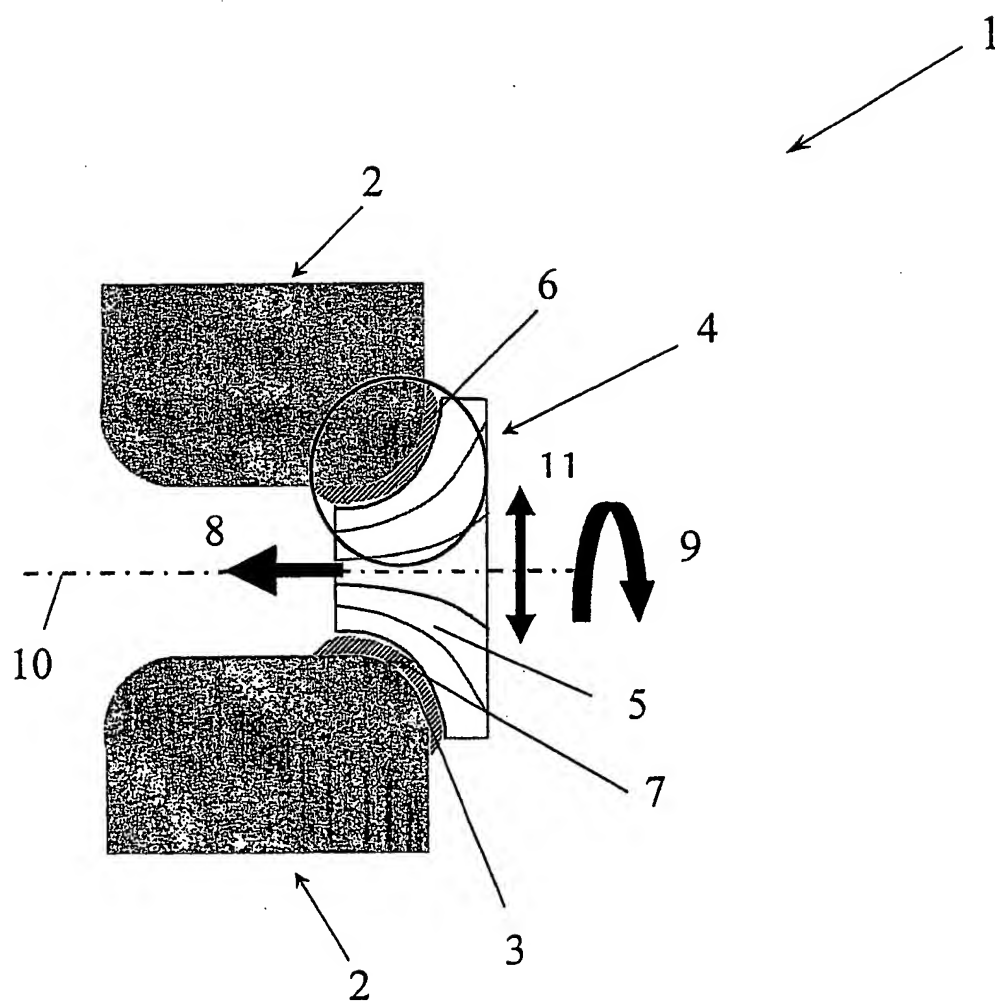


Fig. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT /EP2004/010282

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01D11/12 F01D11/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | US 5 785 493 A (OJIMA KAZUO ET AL)<br>28 July 1998 (1998-07-28)<br>cited in the application<br>column 3, line 29 - line 30<br>column 4, line 47 - line 48<br>column 6, line 27 - line 32<br>figure 1 | 1,2,4,5               |
| A          | EP 0 416 954 A (TOYOTA MOTOR CO LTD)<br>13 March 1991 (1991-03-13)<br>cited in the application<br>figure 1   | 1,3,4                 |
| A          | US 5 658 125 A (BURNS DONALD W ET AL)<br>19 August 1997 (1997-08-19)<br>column 4, line 57 - line 59<br>column 4, line 63 - line 67<br>figures 5,6  | 1,4                   |
|            | -----<br>-/-   |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 December 2004

Date of mailing of the international search report

22/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angelucci, S



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010282

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| A  | US 2 939 626 A (RUDOLPH BIRMANN)<br>7 June 1960 (1960-06-07)<br>column 1, line 44 - line 46<br>column 4, line 40 - line 52<br>figure 1<br>----- | 1,4                   |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT /EP2004/010282

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5785493                                | A | 28-07-1998          | JP 3294491 B2              | 24-06-2002          |
|   |   |                     | JP 9170442 A               | 30-06-1997          |
|   |   |                     | DE 19653217 A1             | 26-06-1997          |
|   |   |                     | US 5961281 A               | 05-10-1999          |
| EP 0416954                                | A | 13-03-1991          | JP 3096601 A               | 22-04-1991          |
|   |   |                     | JP 3156103 A               | 04-07-1991          |
|   |   |                     | DE 69010122 D1             | 28-07-1994          |
|   |   |                     | DE 69010122 T2             | 17-11-1994          |
|   |   |                     | EP 0416954 A1              | 13-03-1991          |
|   |   |                     | US 5185217 A               | 09-02-1993          |
| US 5658125                                | A | 19-08-1997          | GB 2298459 A , B           | 04-09-1996          |
| US 2939626                                | A | 07-06-1960          | NONE                       |                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010282

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F01D11/12 F01D11/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | US 5 785 493 A (OJIMA KAZUO ET AL)<br>28. Juli 1998 (1998-07-28)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Spalte 3, Zeile 29 - Zeile 30<br>Spalte 4, Zeile 47 - Zeile 48<br>Spalte 6, Zeile 27 - Zeile 32<br>Abbildung 1 | 1,2,4,5            |
| A          | EP 0 416 954 A (TOYOTA MOTOR CO LTD)<br>13. März 1991 (1991-03-13)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Abbildung 1  | 1,3,4              |
| A          | US 5 658 125 A (BURNS DONALD W ET AL)<br>19. August 1997 (1997-08-19)<br>Spalte 4, Zeile 57 - Zeile 59<br>Spalte 4, Zeile 63 - Zeile 67<br>Abbildungen 5,6   | 1,4                |
| -/-        |  |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Dezember 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/12/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Angelucci, S

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT /EP2004/010282

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>US 2 939 626 A (RUDOLPH BIRMANN)<br/> 7. Juni 1960 (1960-06-07)<br/> Spalte 1, Zeile 44 - Zeile 46<br/> Spalte 4, Zeile 40 - Zeile 52<br/> Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1,4                |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010282

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |               | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| US 5785493   | A | 28-07-1998                    | JP                                | 3294491 B2    | 24-06-2002                    |
|  |   |                               | JP                                | 9170442 A     | 30-06-1997                    |
|  |   |                               | DE                                | 19653217 A1   | 26-06-1997                    |
|  |   |                               | US                                | 5961281 A     | 05-10-1999                    |
| EP 0416954   | A | 13-03-1991                    | JP                                | 3096601 A     | 22-04-1991                    |
|  |   |                               | JP                                | 3156103 A     | 04-07-1991                    |
|  |   |                               | DE                                | 69010122 D1   | 28-07-1994                    |
|  |   |                               | DE                                | 69010122 T2   | 17-11-1994                    |
|  |   |                               | EP                                | 0416954 A1    | 13-03-1991                    |
|  |   |                               | US                                | 5185217 A     | 09-02-1993                    |
| US 5658125   | A | 19-08-1997                    | GB                                | 2298459 A , B | 04-09-1996                    |
| US 2939626   | A | 07-06-1960                    | KEINE                             |               |                               |